

## Verbindung für Hochdruckräume von Kraftstoffinjektoren

5

### Technisches Gebiet

Zum Einbringen von Kraftstoff in direkt einspritzende Verbrennungskraftmaschinen werden hubgesteuerte Einspritzsysteme mit Hochdruckspeicherraum (Common Rail) sowie  
10 Pumpe-Düse-Systeme oder auch Pumpe-Leitung-Düse-Systeme eingesetzt. Bei Kraftstoff-einspritzsystemen mit Hochdruckspeicherraum kann in vorteilhafter Weise der Einspritzdruck an Last und Drehzahl einer Verbrennungskraftmaschine in weiten Betriebsbereichen angepasst werden. Zur Reduzierung der Emissionen und zur Erzielen einer hohen spezifischen Leistung ist ein hoher Einspritzdruck erforderlich. Das erreichbare Druckniveau von  
15 Hochdruckkraftstoffpumpen ist aus Festigkeitsgründen begrenzt, so dass zur weiteren Drucksteigerung bei Kraftstoffeinspritzsystemen Druckverstärker in den Kraftstoffinjektoren zum Einsatz kommen.

### 20 Stand der Technik

DE 101 23 913 A1 hat eine Kraftstoffeinspritzeinrichtung für Brennkraftmaschinen mit einem von einer Kraftstoffhochdruckquelle versorgbaren Kraftstoffinjektor zum Gegenstand. Zwischen dem Kraftstoffinjektor und der Kraftstoffhochdruckquelle ist eine einen  
25 beweglichen Druckübersetzerkolben aufweisende Druckübersetzungseinrichtung geschaltet. Der Druckübersetzerkolben trennt einen an die Kraftstoffhochdruckquelle anschließbaren Raum von einem mit dem Kraftstoffinjektor verbundenen Hochdruckraum. Durch Befüllen eines Rückraumes (Differenzdruckraum) der Druckübersetzungseinrichtung mit Kraftstoff bzw. durch ein Entleeren des Rückraumes von Kraftstoff kann der Kraftstoffdruck im Hochdruckraum variiert werden. Der Kraftstoffinjektor weist einen beweglichen  
30 Schließkolben zum Öffnen und Verschließen von Einspritzöffnungen auf. Der Schließkolben ragt in einen Schließdruckraum hinein, so dass der Schließkolben mit Kraftstoffdruck beaufschlagbar ist zur Erzielung einer in Schließrichtung auf den Schließkolben wirkenden Kraft. Der Schließdruckraum und der Rückraum werden durch einen gemeinsamen  
35 Schließdruck-Rückraum gebildet, wobei sämtliche Teilbereiche des Schließdruck-Rückraumes permanent zum Austausch von Kraftstoff miteinander verbunden sind. Es ist ein Druckraum zum Versorgen der Einspritzöffnungen mit Kraftstoff und zum Beaufschlagen des Schließkolbens mit einer in Öffnungsrichtung wirkenden Kraft vorgesehen. Ein Hochdruckraum steht derart mit der Kraftstoffhochdruckquelle in Verbindung, dass im

Hochdruckraum, abgesehen von Druckschwingungen, ständig zumindest der Kraftstoffdruck der Kraftstoffhochdruckquelle anliegen kann, wobei der Druckraum und der Hochdruckraum durch einen gemeinsamen Einspritzraum gebildet werden. Sämtliche Teilbereiche des Einspritzraumes sind permanent zum Austausch von Kraftstoff miteinander verbunden.

Aus DE 102 47 903.8 A1 ist eine druckverstärkte Kraftstoffeinspritzeinrichtung mit innen liegender Steuerleitung entnehmbar. Die Kraftstoffeinspritzeinrichtung, die mit einer Hochdruckquelle in Verbindung steht, weist einen mehrteiligen Injektorkörper auf. In diesem ist ein über einen Differenzdruckraum betätigbarer Druckübersetzer aufgenommen, dessen Druckübersetzerkolben einen Arbeitsraum von dem Differenzdruckraum trennt. Die Kraftstoffeinspritzeinrichtung ist über ein Schaltventil betätigbar. Eine Druckänderung im Differenzdruckraum des Druckübersetzers erfolgt über eine zentrale Steuerleitung, welche sich durch den Druckübersetzer-Kolben erstreckt. Die zentrale Steuerleitung ist durch den Arbeitsraum des Druckübersetzers geführt und gegen diesen über eine hochdruckdichte Verbindung abgedichtet.

DE 196 11 884 A1 bezieht sich auf ein Kraftstoffeinspritzventil für Brennkraftmaschinen. Dieses umfasst ein in einer Bohrung eines Ventilkörpers axial verschiebbares kolbenförmiges Ventilglied. Dieses weist an seinem brennraumseitigen Ende eine Ventildichtfläche auf, die zum Aufsteuern eines Einspritzquerschnittes mit einem am brennraumseitigen Ende der Bohrung vorgesehenen Ventilsitz zusammenwirkt. Ferner weist dieses eine in Richtung Ventildichtfläche weisende Druckschulter auf, durch die das Ventilglied in einem im Durchmesser größeren in der Bohrung gleitend geführten Führungsteil und einen im Durchmesser kleineren freien Schaftteil unterteilt ist. Es ist ein durch eine Querschnittserweiterung der Bohrung gebildeter Druckraum vorgesehen, der über einen zwischen dem freien Schaft des Ventilgliedes und der Wand der Bohrung gebildeten Spalt mit dem Ventilsitz verbunden ist und an den sich am Ventilsitz abgewandten Ende ein den Führungsteil des Ventilgliedes aufnehmender Führungsabschnitt der Bohrung anschließt. Der Ventilkörper ist von einem Druckkanal durchzogen, der radial auswärts der Bohrung in das ventilsitzabgewandte Ende des Druckraumes mündet. Die Druckschulter am Ventilglied taucht ständig derart weit in den Führungsabschnitt der Bohrung ein, dass am dem Druckraum benachbarten Ende des Führungsabschnitts der Bohrung ein Ringspalt zwischen dem Ventilglied und der Wandung der Bohrung verbleibt. In diesem wird eine Gegenkraft auf einen zwischen der Bohrung und dem Druckkanal verbleibenden Steg aufgebaut.

Bei bisherigen Ausführungen von über den Differenzdruckraum gesteuerten Druckverstärkern ist der Differenzdruckraum durch eine in der Regel horizontale Bohrung mit einer zweiten ventilführenden Bohrung verbunden. Die Herstellung der horizontalen Bohrung

gestaltet sich als äußerst schwierig. Hier müssen zeit- und kostenaufwendige Verfahren wie elektrisch-chemisches Senken oder Erodieren angewendet werden. Außerdem treten an den Verschneidungsstellen zwischen dem Rückraum und der horizontalen Bohrung die höchsten Spannungen im Bauteil auf. Eine höhere Oberflächenqualität und eine Verrundung der sich fertigungsbedingt ergebenden Kanten reichen bei den angestrebten noch zu steigern-  
5 den Systemdrücken nicht mehr aus, um dauerfeste Bauteile zu erhalten. Die aus DE 102 47 903 A1 bekannte innen liegende zentrale Steuerleitung erfordert einen höheren Fertigungs- und Montageaufwand als einfache Bohrungen innerhalb des Injektorkörpers.

10

### Darstellung der Erfindung

15

20

25

30

35

Bei der Auslegung von über den Differenzdruckraum gesteuerten Druckverstärkern stellt die Anbindung des Differenzdruckraumes an die Steuerleitung eine potentielle Schwachstelle dar. Da das Steuerventil zur Betätigung des Druckverstärkers aus Bauraumgründen oberhalb des Druckverstärkers angeordnet ist, wird die Steuerleitung seitlich am Druckverstärker vorbei geführt. Nach der erfindungsgemäß vorgeschlagenen Lösung wird die Verbindung zwischen dem Differenzdruckraum (Rückraum) und der Steuerleitung, die in der Regel als Bohrung ausgebildet ist und zum Ventil führt, durch eine umlaufende Nut oder eine seitliche Tasche im zylindrischen Rückraum des Druckverstärkers dargestellt. Der sich daraus ergebende Vorteil liegt darin, dass vor allem an der Hochdruckverschneidungsstelle zwischen Differenzdruckraum (Rückraum) und einer Nut oder zwischen dem Differenzdruckraum (Rückraum) und der zylindrisch geformten Tasche keinerlei Spannungsüberhöhungen entstehen, welche die Druckfestigkeit des Kraftstoffinjektor beeinträchtigen. An der Hochdruckverschneidungsstelle zwischen der Nut und der als Bohrung ausgebildeten Steuerleitung bzw. der zylindrisch geformten Tasche und der als Bohrung ausgebildeten Steuerleitung lässt sich die Spannungsüberhöhung wesentlich reduzieren, so dass sich mit einem derart beschaffenen Kraftstoffinjektor mit optimierter Verbindung zwischen den Hochdruckräumen am Druckübersetzer höhere Einspritzdrücke realisieren lassen.

Ein weiterer Vorteil der erfindungsgemäß vorgeschlagenen Lösung ist darin zu erblicken, dass ein toleranzunempfindliche Verschneidungsstelle zwischen der Nut bzw. der Tasche und der als Bohrung ausgebildeten Steuerleitung erreicht wird, da rein mechanische, spanabhebende Fertigungsverfahren zur Herstellung der Nut oder der Tasche eingesetzt werden können.

Durch eine entsprechende Formgebung der Nut bzw. der zylindrisch geformten Tasche können spezifische Formen des Durchbruches so z.B. in ovaler rechteckförmiger oder auch anderer Geometrie realisiert werden. Durch eine definierte Form des Durchbruches lassen

sich die Spannungen im Bereich der Hochdruckverschneidungsstelle zwischen der Nut und der als Bohrung ausgebildeten Steuerleitung bzw. zwischen der zylindrisch geformten Tasche und der als Bohrung beschaffenen Steuerleitung gezielt beeinflussen und zusätzlich weiter herabsetzen. Mit derart ausgebildeten Anbindungsstellen im Hochdruckbereich zwischen Hochdruckräumen von Komponenten, die höchsten Drücken ausgesetzt sind, lassen sich einerseits auf lange Sicht gesehen, die Standzeiten von Kraftstoffinjektoren mit Druckverstärkern aufgrund des niedrigeren Spannungsniveaus herabsetzen, andererseits ist durch die erfindungsgemäß vorgeschlagene Anbindung von Hochdruckräumen von höchst-  
druckführenden Komponenten eine weitere Erhöhung des Einspritzdruckniveaus in Kraftstoffinjektoren möglich.

### Zeichnung

Anhand der Zeichnung wird die Erfindung nachstehend eingehender beschrieben.

Es zeigt:

Figur 1 einen über Druckvariationen in einem Differenzdruckraum aktivierten Druckverstärker im nicht aktivierten Zustand,

Figur 2 den Druckverstärker gemäß Figur 1 im aktivierten Zustand,

Figur 3 einen Druckverstärker im Halbschnitt, dessen Differenzdruckraum (Rückraum) mittels einer Horizontalbohrung mit einer als Bohrung beschaffenen Steuerleitung in Verbindung steht,

Figur 4 eine erfindungsgemäß konfigurierte Anbindung eines Rückraumes im Körper des Druckverstärkers mit einer als Bohrung ausgebildeten Steuerleitung, ebenfalls im Halbschnitt,

Figur 5 eine abgewinkelte Begrenzungswandung eines Druckraumes, in welchem eine zylindrisch geformte Tasche ausgebildet ist, die mit einer als Bohrung ausgebildeten Steuerleitung eine Anbindung bildet,

Figur 6 eine abgewinkelte Begrenzungswandung eines Hochdruckbehälters, in welchem eine ebenfalls abgewinkelt dargestellte Umlaufnut eingebracht ist, die ebenfalls mit einer als Bohrung beschaffenen Steuerleitung in Verbindung steht,

Figur 7.1 eine

Anbindung eines Differenzdruckraumes eines Druckverstärkers mit einer als Bohrung beschaffenen Steuerleitung.

- 5 Figur 7.2 eine erfindungsgemäß konfigurierte Anbindung einer als Bohrung beschaffenen Steuerleitung mit dem Differenzdruckraum (Rückraum) eines Druckverstärkers und

- 10 Figur 7.3 eine als Umlaufnut ausgebildete Anbindung eines Differenzdruckraumes (Rückraum) eines Druckverstärkers mit einer als Bohrung beschaffenen Steuerleitung.

### Ausführungsvarianten

15

Fig. 1 ist ein Druckverstärker in schematischer Darstellung entnehmbar, dessen Arbeitsraum von einem druckentlastbaren bzw. druckbeaufschlagbaren Differenzdruckraum über einen Verstärkerkolben getrennt ist.

- 20 Ein Druckverstärker 1 umfasst einen Arbeitsraum 2 sowie einen druckentlastbaren bzw. druckbeaufschlagbaren Differenzdruckraum 4. Ferner umfasst der Druckverstärker 1 einen in seinem Körper 11 ausgebildeten Kompressionsraum 5. Der den Differenzdruckraum 4 (Rückraum) vom Arbeitsraum 2 trennende Verstärkerkolben 3 umfasst eine erste Stirnfläche 6 sowie eine den Kompressionsraum 5 begrenzende zweite Stirnfläche 7. Über eine in

- 25 Fig. 1 nicht näher dargestellte Hochdruckquelle ist der Arbeitsraum 2 des Druckverstärkers 1 mit Systemdruck ( $p_{rail}$ ) beaufschlagt. Im Differenzdruckraum 4 herrscht ebenfalls der Systemdruck ( $p_{rail}$ ) im Kompressionsraum 5 des Druckverstärkers 1, der in Fig. 1 in seiner deaktivierten Position 8 dargestellt ist, herrscht ebenfalls Systemdruckniveau  $p_{rail}$ . Der Druckverstärker 1 ist demnach druckausgeglichen, da die an der zweiten Stirnfläche 7 und der Ringfläche im Differenzdruckraum 4 des Druckverstärkers 1 anliegenden Druckkräfte der an der ersten Stirnfläche 6 des Verstärkerkolbens 3 angreifenden Druckkraft entsprechen.

- 30 Fig. 2 zeigt einen Druckverstärker gemäß der Darstellung in Fig. 1 in seinem aktivierten Zustand.

Über eine Druckentlastung des Differenzdruckraumes 4 auf ein Druckniveau  $p_{fuel, return}$ , fährt der Verstärkerkolben 3 aufgrund der an seiner ersten Stirnfläche 6 angreifenden Druckkraft im Arbeitsraum 2, die durch den Systemdruck ( $p_{rail}$ ) erzeugt wird, in den Kom-

pressionsraum 5 ein. Die zweite Stirnfläche 7, die den Kompressionsraum 5 des Druckverstärkers 1 begrenzt, komprimiert den im Kompressionsraum 5 enthaltenen Kraftstoffvorrat auf ein entsprechend des Auslegungsverhältnisses des Druckverstärkerkolbens 3 erreichbares erhöhtes Druckniveau ( $p_{\text{amplified}}$ ), welches in Richtung eines Zulaufs 10 zu einem in Fig. 2 nicht dargestellten Einspritzventilglied geleitet wird.

Figur 3 zeigt einen Halbschnitt durch einen Körper eines Druckverstärkers gemäß des Standes der Technik.

Der Druckverstärker 1 umfasst einen Körper 11, in welchem eine als Bohrung ausgebildete Steuerleitung 12 verläuft. Die als Bohrung ausgebildete Steuerleitung 12 steht über eine Horizontalbohrung 13 mit dem Differenzdruckraum 4 (Rückraum) des Druckverstärkers 1 in Verbindung. Die Horizontalbohrung 13 stellt einen hinsichtlich des sich im Betrieb des Druckverstärkers 1 einstellenden Spannungsniveaus kritischen Bereich dar. Innerhalb des kritischen Bereiches 14, auch als Verschneidungsbereich bezeichnet, bildet sich eine erste Verschneidungsstelle 15 mit der als Bohrung beschaffenen Steuerleitung 12 und der Horizontalbohrung 13 sowie eine zweite kritische Verschneidungsstelle 16 zwischen der Horizontalbohrung 13 und dem Rückraum 4 des Druckverstärkers 1 aus. An diesen Verschneidungsstellen 15 bzw. 16 stellen sich im Betrieb des Druckverstärkers 1 die höchsten Spannungen ein, welche die Dauerbetriebsfestigkeit eines derartigen Druckverstärkers 1 mit Horizontalbohrung 13 entscheidend beeinträchtigen. Im Halbschnitt durch den Körper 11 des Druckverstärkers 1 gemäß der Darstellung in Figur 3 ist der Kompressionsraum 5 dargestellt, von dem unter einem sich je nach Auslegung des Druckverstärkers 1 einstellenden Winkels der Zulauf 10 zu einem in Fig. 3 nicht dargestellten Einspritzventilglied abzweigt.

Fig. 4 zeigt eine erfindungsgemäße Ausführungsvariante einer Anbindung zwischen der als Bohrung ausgebildeten Steuerleitung 12 und einem Differenzdruckraum (Rückraum) eines Druckverstärkers.

Aus der Darstellung gemäß Figur 4 ist entnehmbar, dass am unteren Ende des Differenzdruckraums 4 des Druckverstärkers 1 eine Umlaufnut 18 ausgebildet sein kann oder eine zylindrisch geformte Tasche 19. An einer gemäß der erfindungsgemäß vorgeschlagenen Lösung beschaffenen ersten Bohrungsverschneidung 17 zwischen der umlaufenden Nut 18 bzw. der zylindrisch geformten Tasche 19 stellt sich eine erste Bohrungsverschneidung 17 ein, während eine zweite Bohrungsverschneidung 22 zwischen dem Differenzdruckraum 4 (Rückraum) des Druckverstärkers 1 und der zylindrisch geformten Tasche 19 bzw. der Umlaufnut 18 ausgebildet wird. Der Differenzdruckraum 4 ist an seinem unteren Ende durch eine Ringfläche 20 begrenzt; im Halbschnitt gemäß Fig. 4 ist am unteren Ende des Körpers 11 des Druckverstärkers 1 der Kompressionsraum 5 dargestellt, von dem unter

einem Neigungswinkel des Zulaufs 10 zum in Fig. 4 nicht dargestellten Einspritzventilglied abzweigt.

Der Darstellung gemäß Fig. 5 ist eine in einer Strecklage von 180° dargestellte Begrenzungswandung eines Hochdruckbehälters mit einer zylindrisch geformten Tasche entnehmbar.

In der Darstellung gemäß Fig. 5 ist die Begrenzungswandung des Differenzdruckraums 4 (Rückraum) eines Druckverstärkers in einer 180°-Strecklage dargestellt. Die durch den Innendruck im Differenzdruckraum 4 (Rückraum) hervorgerufenen Tangentialspannungen im Körper 11 des Druckverstärkers 1 wirken im abgewickelten Quader gemäß der Darstellung in Fig. 5 als durch die beiden voneinander weg weisenden Pfeile dargestellten Zugspannungen. In dem Bereich, in welchem zwei Bohrungen aufeinander treffen würden, addieren sich die an der Verschneidungsstelle 15 gemäß Fig. 3 auftretenden Kerbwirkungen entlang der Bohrungen 12 und 13 und es stellt sich demzufolge eine deutliche Spannungsüberhöhung ein. In der Darstellung gemäß Fig. 5 ist die Anbindung der als Bohrung beschaffenen Steuerleitung 12 an den Differenzdruckraum 4 (Rückraum) als eine zylindrisch geformte Tasche 19 ausgeführt, die keine Kerbwirkung zeigt. Im Vergleich zur Anbindung des Differenzdruckraums 4 an die als Bohrung ausgebildete Steuerleitung 12 gemäß Fig. 3 mittels einer Horizontalbohrung 13 ergibt sich durch die in Fig. 5 dargestellte erfindungsgemäß Ausbildung der Anbindung lediglich eine Kerbwirkungsstelle 23 entlang der Bohrung 12, an welcher im Vergleich zu den beiden sich gemäß Fig. 3 ergebenden Kerbwirkungsstellen 15 und 16, sich ein erheblich niedrigeres Spannungsniveau einstellt.

In der Darstellung gemäß Fig. 6 ist die Anbindung eines Hochdruckraumes an eine als Bohrung ausgebildete Steuerleitung mittels einer Umlaufnut dargestellt.

Gemäß der in Fig. 6 dargestellten Ausführungsvariante einer Anbindung eines Hochdruckraumes an eine als Bohrung ausgebildete Steuerleitung 12 ist in abgewickelter 21 Lage dargestellte Wandung eines Hochdruckraumes wie beispielsweise eines Differenzdruckraumes 4 eines Druckverstärkers 1 eine ebenfalls in gestreckter Lage dargestellte Umfangsnut 18 eingelassen. Die Umfangsnut 18 ist kerbwirkungsfrei, entlang der Bohrung 12 bildet sich die Kerbwirkungsstelle 23, die den Ort darstellt, an welchem die maximalen Spannungen 24 auftreten. Auch in der Darstellung gemäß Fig. 6 sind die im Bauteil, d.h. im Körper 11 auftretenden Tangentialspannungen in der abgewickelten Lage 21 des Körpers 11 als Zuspännungen dargestellt.

In den beiden in Fig. 5 und 6 dargestellten Ausführungsvariante einer Anbindung eines hochdruckführenden Raumes an eine als Bohrung ausgebildete Steuerleitung 12, die in

dem Körper 11 senkrecht verläuft, wird jeweils nur eine Kerbwirkungsstelle 23 ausgebildet. Treffen sich an der Verschneidungsstelle 15 der Horizontalbohrung 13 gemäß Fig. 3 mit der als Bohrung ausgebildeten Steuerleitung 12 die Kerbwirkungen entlang der Bohrungen 12 und 13, so dass sich gemäß der in Fig. 3 dargestellten aus dem Stand der Technik bekannten Ausführungsvarianten die Kerbwirkungen addieren und zu einer deutlichen Spannungsüberhöhung im Bauteil 11 führen.

Demgegenüber schwächt eine Umlaufnut 18 gemäß Fig. 6 zwar den Gesamtquerschnitt des Körpers 11 etwas, hinsichtlich der sich einstellenden mechanischen Belastung wirkt die Umlaufnut 18 jedoch nicht wie eine Kerbe unter Zugbelastung. Dadurch wird eine Spannungsüberhöhung an der Kerbwirkungsstelle 23 vermieden, so dass lediglich eine Kerbwirkungsstelle 23 ausgebildet wird, welche den Ort 24, an welchem die maximalen Spannungen auftreten, darstellt. Im Vergleich zur Ausführungsvariante gemäß Fig. 3 unter Ausgestaltung der Anbindung als Horizontalbohrung 13 stellt sich jedoch an der Kerbwirkungsstelle 23 ein erheblich niedrigeres Spannungsniveau ein. Wird die Anbindung zwischen der als Bohrung ausgebildeten Steuerleitung 12 und einem hochdruckführenden Behälter hingegen als zylindrisch geformte Tasche 19 gestaltet, so bietet diese Ausführungsvariante der Anbindung den Vorteil, dass die zylindrisch geformte Tasche 19 ein geringeres Totvolumen im Vergleich zu einer umlaufenden Nut 18 verursacht, d.h. der Hochdruckbehälter bei Ausbildung der Anbindung als zylindrisch geformte Tasche 19 mit einem geringeren Volumen befüllbar ist. Kann das Totvolumen beispielsweise im Differenzdruckraum 4 des Druckverstärkers 1 herabgesetzt werden, so führt dies in vorteilhafter Weise zu einer Erhöhung des Wirkungsgrades; ferner lässt sich die hydraulische Abstimmung verbessern und nicht zuletzt müssen – im Falle eines Druckverstärkers – bei Aktivierung des Druckverstärkers kleinere Absteuerungen bewegt werden.

Fig. 7.1 ist eine Anbindung eines Differenzdruckraumes an eine als Bohrung ausgebildete Steuerleitung mittels einer Horizontalbohrung entnehmbar.

Der Differenzdruckraum 4 ist symmetrisch zu einer Symmetrieachse 25 aufgebaut. Die Steuerleitung 12 und der Differenzdruckraum 4 sind über die Horizontalbohrung 13 miteinander verbunden, so dass sich die erste Verschneidungsstelle 15 zwischen der Horizontalbohrung 13 und der Steuerleitung 12 ergibt, sowie die zweite Verschneidungsstelle 16 durch die Horizontalbohrung 13 und den Differenzdruckraum 4 (Rückraum) dargestellt wird. Die an der Verschneidungsstelle 15 gebildeten Kerbwirkungen addieren sich, so dass sich ein erstes, sehr hohes Spannungsniveau  $\sigma_{\max, 1}$  während des Betriebs des Druckverstärkers einstellt.



In der Darstellung gemäß Fig. 7.2 ist die Anbindung des Differenzdruckraumes (Rückraum) an die als Bohrung ausgebildete Steuerleitung durch eine zylindrisch geformte Tasche gestaltet.

- 5 Die zylindrisch geformte Tasche 19 ist im unteren Bereich des Differenzdruckraumes 4 in dessen Innenwandung eingeformt. Die zylindrisch geformte Tasche 19 bildet die Anbin-
- 10 dungsstelle zwischen der als Bohrung ausgebildeten Steuerleitung 12 und dem Differenzdruckraum 4 (Rückraum) im Körper 11. Die Steuerleitung 12 kann sowohl als Sacklochbohrung (Fig. 7.1) als auch als Durchgangsbohrung 12.1 ausgeführt sein. Aufgrund der
- 15 Form der Anbindungsstelle als zylindrisch geformte Tasche 19 stellt sich eine erste Bohrungsverschneidung 17 ein, welche die Kerbwirkungsstelle 23 darstellt. Im Vergleich zur Darstellung gemäß Fig. 7.1 ist lediglich ein Kerbwirkungsbeitrag durch die Bohrungsverschneidung 17 dargestellt. Diese Kerbwirkungsstelle 23 stellt den Ort 24 dar, an dem eine
- 20 maximale Spannung  $\sigma_{\max, 2}$  auftritt, die erheblich unter der in Fig. 7.1 auftretenden addierten Maximalspannung  $\sigma_{\max, 1}$  liegt. Dadurch kann im Betrieb eines Hochdruckbehälters, wie beispielsweise eines Differenzdruckraumes 4 eines Druckverstärkers das in dessen Körper 11 auftretende Spannungsniveau um bis zu 30 % herabgesetzt werden. Die zylindrisch geformte Tasche 19 ist im unteren Bereich der Innenwandung des Differenzdruckraumes 4 (Rückraum) im Körper 11 eingeformt und bietet darüber hinaus eine nur geringe
- 25 Vergrößerung des Totvolumens innerhalb des Differenzdruckraumes 4. Die maximale Höhe der zylindrisch geformten Tasche 19 ist durch Bezugszeichen 30 identifiziert; die zylindrisch geformte Tasche 19 verläuft symmetrisch halbkreisförmig und läuft in Auslaufbereichen 31 in der Innenwandung des Differenzdruckraumes 4 (Rückraum) aus. Die an der zweiten Bohrungsverschneidung 22 zwischen der zylindrisch geformten Tasche 19 und der
- Wandung des Differenzdruckraumes 4 auftretende Kerbwirkung ist gegenüber der sich an der ersten Bohrungsverschneidung 17 durch die Kerbwirkung verursachten Spannungsüberhöhung vernachlässigbar.

- Fig. 7.3 ist die Auswirkungsvariante im Querschnitt zu entnehmen, bei der die Anbindung
- 30 der als Bohrung ausgebildeten Steuerleitung an den Differenzdruckraum über eine umlaufende Nut im druckbeaufschlagten Körper erfolgt.

- Gemäß dieser Ausführungsvariante bildet die umlaufende Nut 18, die in einer konstanten
- 35 Höhe 32 ausgebildet ist, eine erste Bohrungsverschneidung 17 aus. Die erste Bohrungsverschneidung 17 markiert die Übergangsstelle der als Bohrung ausgebildeten Steuerleitung 12 zur umlaufenden Nut 18; ferner stellt sich eine zweite Bohrungsverschneidung 22 ein, die den Übergangsbereich zwischen dem Differenzdruckraum 4 (Rückraum) und der umlaufenden Nut 18 darstellt. Die untere Ringfläche der umlaufenden Nut 18 ist durch Bezugszeichen 20 identifiziert. An die umlaufende Nut 18 können weitere Bohrungen 33

angebunden sein, von denen eine in Fig. 7.3 dargestellt ist. Die Verschneidung 17 zwischen der als Bohrung ausgebildeten Steuerleitung 12 und der Umlaufnut 18 stellt die Kerbwirkungsstelle 23 dar, die den Ort 24 der maximalen Spannung  $\sigma_{\max, 3}$  darstellt. Im Vergleich zur in der Ausführungsvariante gemäß Fig. 2 auftretenden maximalen Spannung  $\sigma_{\max, 2}$  ist die in der Ausführungsvariante gemäß Fig. 7.3 auftretende maximale Spannung  $\sigma_{\max, 3}$  nochmals herabgesetzt.

Die Kontur der umlaufenden Nut 18 und der zylindrisch geformten Tasche 19 kann bogenförmig, eckig, mit abgerundeten Ecken oder auch in anderer Geometrie ausgebildet sein.

Die in den Figuren 5, 6 sowie 7.2 und 7.3 dargestellten Ausgestaltungen von Anbindungsstellen zwischen hochdruckführenden Räumen und einer sich im wesentlichen vertikal durch einen Körper erstreckenden Bohrung vermeiden scharfkantig ausgebildete Übergänge und erlauben dadurch eine Reduktion des auftretenden Spannungsniveaus. Die Reduktion der im Körper 11 auftretenden Maximalspannung bedingt durch Tangentialspannung bei Druckbeaufschlagung des Differenzdruckraumes 4 (Rückraum) beispielsweise eines Druckverstärkers 1 erlaubt einerseits eine weitere Erhöhung des Druckniveaus innerhalb der Körpers 11, andererseits bei Beibehaltung des derzeit herrschenden Druckniveaus eine Verlängerung der Standzeit eines druckführenden Körpers 11.

Bezugszeichenliste

1	Druckverstärker	18	Umlaufnut
2	Arbeitsraum	19	zylindrisch geformte Tasche
3	Verstärkerkolben	20	Ringfläche
4	Differenzdruckraum (Rückraum)	21	abgewinkelte Wandung Hochdruckbehälter (180°-Streckung)
5	Kompressionsraum	22	zweite Bohrungsverschneidung (Differenzdruckraum mit Tasche /Nut)
6	erste Stirnfläche	23	Kerbwirkungsstelle
7	zweite Stirnfläche	24	Ort maximaler Spannung
8	deaktivierte Position	25	Symmetrieachse
9	aktivierte Position	26	Verschneidung Steuerleitung/Horizontalbohrung
10	Zulauf zum Einspritzventilglied	27	Verschneidung Steuerleitung/Tasche
$p_{rail}$	Systemdruckniveau	28	Verschneidung Steuerleitung/Umlaufnut
$p_{amplified}$	erhöhtes Druckniveau	29	Taschengeometrie
$p_{fuel, return}$	Druckniveauabsteuerung	30	Maximalhöhe Tasche
11	hochdruckführender Körper	31	Auslaufbereich Tasche
12	Steuerleitung (Bohrung)	32	Höhe Umlaufnut
12.1	Steuerleitung (Durchgangsbohrung)	33	weitere Bohrung
13	Horizontalbohrung	$\sigma_{max, 1}$	Maximalspannung bei Anbindung gemäß des Standes der Technik
14	Verschneidungsbereich	$\sigma_{max, 2}$	erstes reduziertes Maximalspannungsniveau
15	erste Verschneidungsstelle	$\sigma_{max, 3}$	weiter reduziertes Maximalspannungsniveau
16	zweite Verschneidungsstelle		
17	erste Bohrungsverschneidung (Steuerleitung mit Tasche/Nut)		

Patentansprüche

1. Anbindungsstelle eines hochdruckbeaufschlagten Raumes (4) in einem mit Hochdruck beaufschlagten Körper (11) eines Hochdruckeinspritzsystems für Kraftstoff an eine sich durch den Körper (11) erstreckende Bohrung (12), die im wesentlichen vertikal im Körper (11) verläuft, dadurch gekennzeichnet, dass im hochdruckbeaufschlagten Raum (4) des Körpers (11) eine zylindrisch geformte Tasche (19) oder eine Umlaufnut (18) ausgebildet sind, in welche die Bohrung (12) unter Ausbildung einer Verschneidungsstelle (17) mündet.
2. Anbindungsstelle gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die zylindrisch geformte Tasche (19) oder die Umlaufnut (18) vorzugsweise im Bodenbereich des mit Hochdruck beaufschlagten Raumes (4) angeordnet sind.
3. Anbindungsstelle gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die zylindrisch geformte Tasche (19) oder die Umlaufnut (18) mit dem hochdruckbeaufschlagten Raum (4) eine spannungsüberhöhungsfreie Verschneidung(22) bilden.
4. Anbindungsstelle gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Verschneidungsstelle (17) eine Kerbwirkungsstelle (23) darstellt, an welcher sich reduzierte Spannungsniveaus  $\sigma_{\max, 2}$ ,  $\sigma_{\max, 3}$  im Betrieb des hochdruckbeaufschlagten Körpers (11) einstellen.
5. Anbindungsstelle gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Umlaufnut (18) in einer konstanten Tiefe (32) im Körper (11) mit bogenförmiger oder eckiger Kontur ausgeführt ist.
6. Anbindungsstelle gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die zylindrisch geformte Tasche (19) halbkreisförmig, bogenförmig oder eckig in der den hochdruckbeaufschlagten Raum (4) begrenzenden Wandung im Körper (11) ausgeführt ist.
7. Anbindungsstelle gemäß Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die zylindrisch geformte Tasche (19) an der Mündungsstelle der Bohrung (12) ihre maximale Tiefe (30) aufweist.
8. Anbindungsstelle gemäß Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die zylindrisch geformte Tasche (19) beidseits der Mündungsstelle der Bohrung (12) in diese symmetrische Auslaufbereiche (31) aufweist.

9. Anbindungsstelle gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Verbindungsstelle (17) je nach Nutform als Durchbruch in ovaler oder rechteckiger Geometrie ausgebildet ist.

5

10. Anbindungsstelle gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass diese zwischen einem einen Druckverstärker (1) steuernden Differenzdruckraum (4) (Rückraum) und einer den Differenzdruckraum (4) (Rückraum) druckbeaufschlagenden oder druckentlastenden, als Bohrung beschaffenen Steuerleitung (12) ausgebildet ist, welche zu einem den Druckverstärker (1) betätigenden Ventil führt.

10

11. Anbindungsstelle gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuerleitung (12) als Durchgangsbohrung (12.1) im hochdruckführenden Körper (11) ausgebildet ist.

15

12. Anbindungsstelle gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass an die umlaufende Nut (18) im mit Hochdruck beaufschlagten Körper (11) zumindest eine weitere Bohrung (33) angebunden ist.

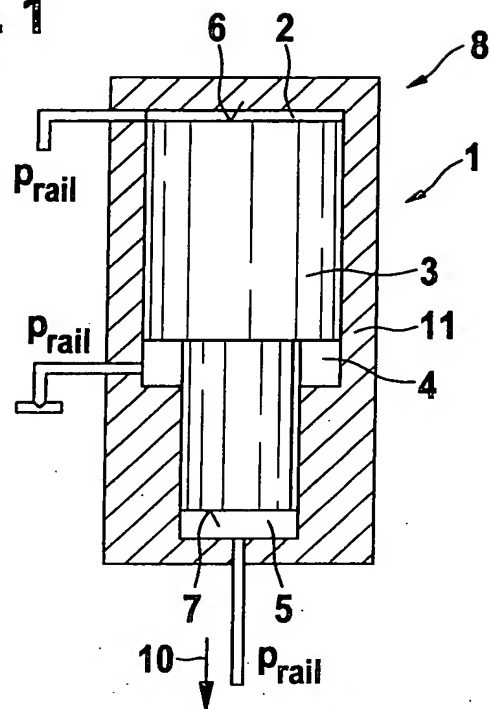
Zusammenfassung

Die Erfindung bezieht sich auf eine Anbindungsstelle eines mit Hochdruck beaufschlagten Raumes (4) in einem hochdruckbeaufschlagten Körper (11) eines Hochdruckeinspritzsystems für Kraftstoff an eine sich durch den Körper (11) erstreckende Bohrung (12). Diese verläuft im wesentlichen vertikal im Körper (11). Im mit Hochdruck beaufschlagten Raum (4) ist eine zylindrisch geformte Tasche (19) oder eine Umlaufnut (18) ausgebildet, in welche die Bohrung (12) unter Ausbildung einer Verschneidungsstelle (17) mündet.

10

(Figur 4)

**Fig. 1**



**Fig. 2**

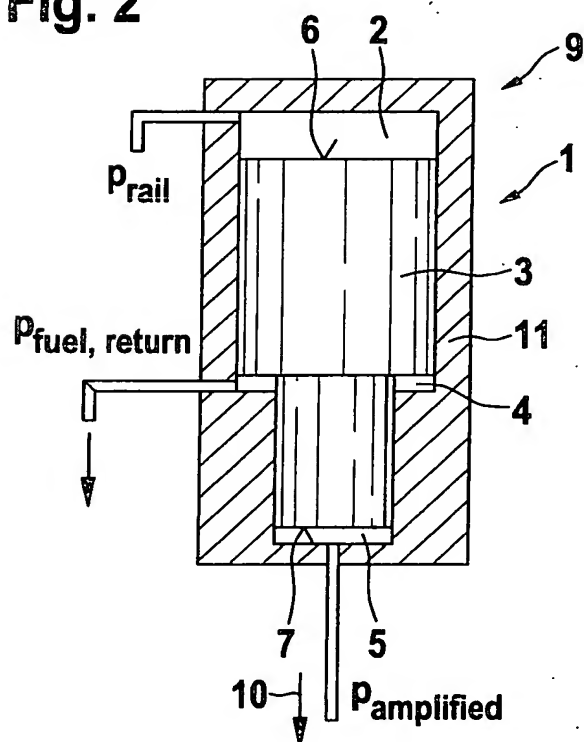


Fig. 3

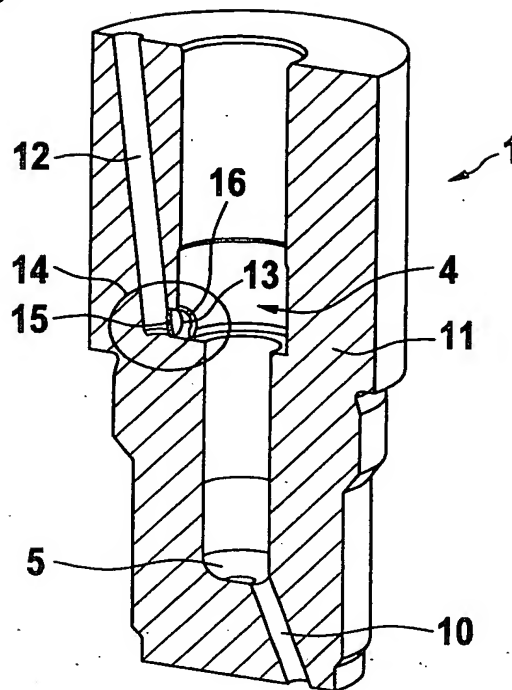
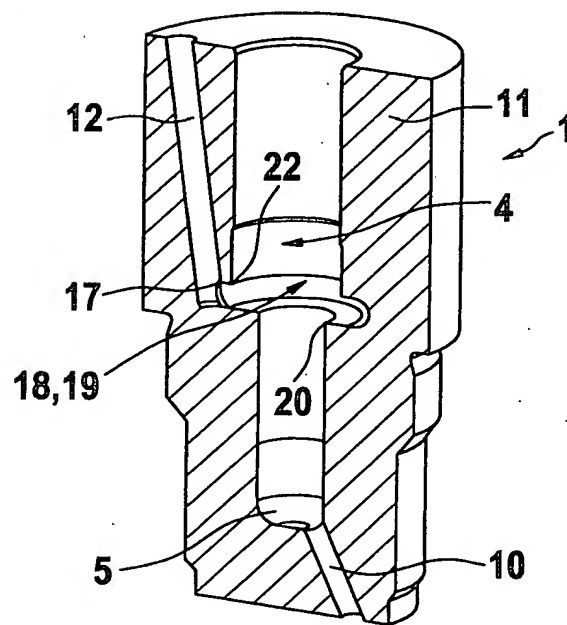
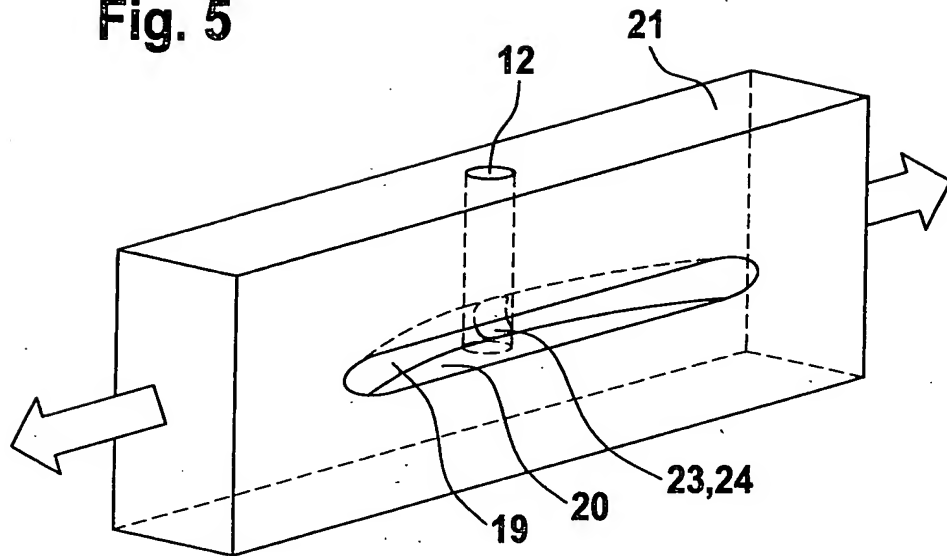


Fig. 4





**Fig. 5**



**Fig. 6**

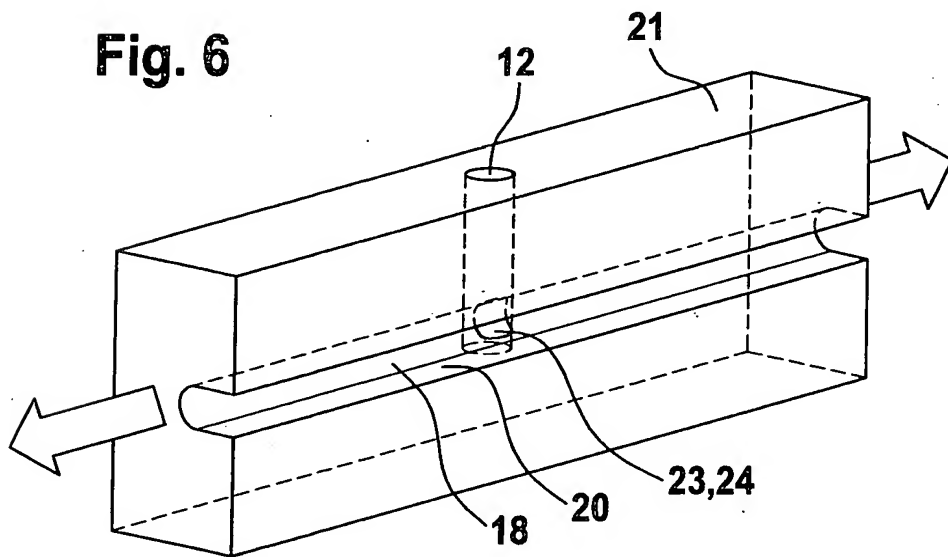


Fig. 7.1

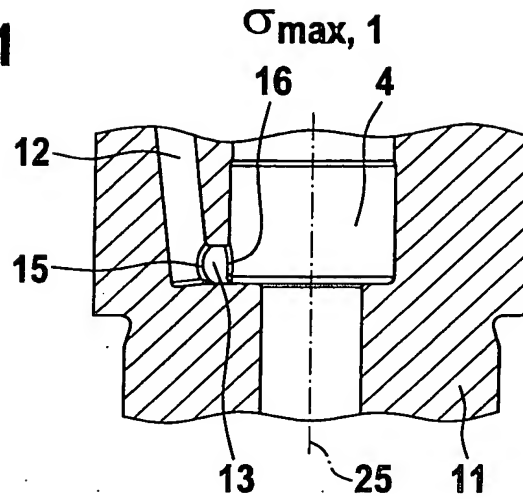


Fig. 7.2

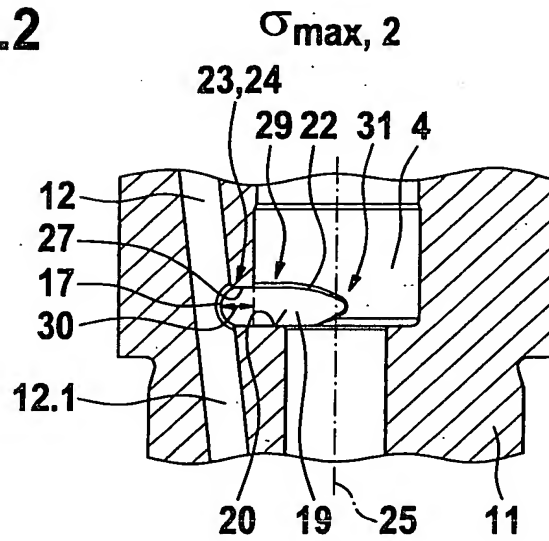


Fig. 7.3

